

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 6/44	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/17144 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. April 1999 (08.04.99)
---	-----------	---

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/02842 (22) Internationales Anmeldedatum: 23. September 1998 (23.09.98) (30) Prioritätsdaten: 197 42 941.6 29. September 1997 (29.09.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): OPEL, Ernst [DE/DE]; Bertelsdorfer Weg 5, D-96486 Lautertal (DE). SCHMIDT, Ilona [DE/DE]; Am Tau 2, D-96472 Rödental (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AG; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
--	--

(54) Title: OPTICAL CABLE

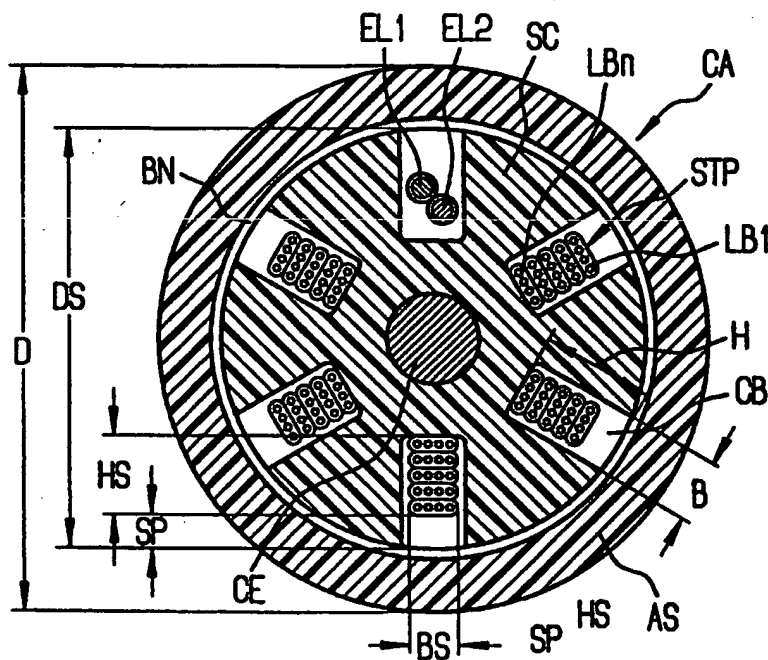
(54) Bezeichnung: OPTISCHES KABEL

(57) Abstract

The optical fibre cable (CA) has at least one tensileproof element (CE), a cable sheath (AS) and at least one optical transmission element (optical fibre) which is moveably accommodated in a chamber (CB). The thermal contraction of the cable (dL/L) in the 20 °C-lower temperature limit is selected in such a way that it does not deviate more than 30 % from the thermal contraction (dL/L) of the optical transmission element (LB1-LBn) used.

(57) Zusammenfassung

Das Lichtwellenleiterkabel (CA) weist mindestens ein zugfestes Element (CE) sowie einen Kabelmantel (AS) und mindestens ein optisches Übertragungselement (Lichtwellenleiter) auf, das beweglich in einer Kammer (CB) untergebracht ist. Die thermische Schrumpfung des Kabels (dL/L) ist im Bereich von 20 °C bis zum unteren Temperaturgrenzwert des Kabels so gewählt, daß sie um nicht mehr als 30 % von der thermischen Schrumpfung (dL/L) des verwendeten optischen Übertragungselementes (LB1-LBn) abweicht.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Optisches Kabel

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisches Kabel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist bekannt, daß Lichtwellenleiterelemente unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen als die übrigen Elemente des Kabels, also insbesondere der Kabelmantel, Aderhüllenmaterialien, etwaige zug- und/oder stauchfeste Elemente usw. Wenn die Lichtwellenleiter lose in einer Kammer untergebracht sind, dann werden sie nur über Reibung an das eigentliche Kabel angekoppelt und infolge der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten des eigentlichen Kabels gegenüber dem Lichtwellenleiterelement kann es zu Makrokrümmungen kommen, welche für das Lichtwellenleiterelement eine Dämpfungserhöhung zur Folge haben. Es ist deshalb üblich, die Abmessungen der die Lichtwellenleiterelemente aufnehmenden Kammer so reichlich zu dimensionieren, daß Dämpfungserhöhungen durch Makrokrümmungen vermieden werden. Diese sehr pauschale Methode hat den Nachteil, daß der Kabelquerschnitt sich erheblich vergrößert, weil bei den bisher bekannten Kabeln stets mit einer Art "Überdimensionierung" gearbeitet wurde. Nähere Einzelheiten über den Kabelaufbau, die Dimensionierung und die Berechnung sind dem Kapitel 9 („Optical Cable Design“ - Seiten 115 bis 158) des Buches „Fiber Optic Cables“ von G. Mahlke und P. Gössing (John Wiley & Sons Ltd. dritte ergänzte Auflage 1997) zu entnehmen.

30

Aus der US-PS 4,770,489 ist es bekannt, Lichtwellenleiter lose in entsprechenden Kammern oder Röhrchen unterzubringen. Weiterhin ist eine Vielzahl von zugfesten Elementen vorgesehen, die einen höheren E-Modul aufweisen als das eigentliche Kabel und zugleich einen niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Beispielsweise können hierfür in ein Epoxidharz eingebettete Glas-, Kohlenstoff- oder Aramidgarnfasern

35

verwendet werden. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß der Einsatzbereich eines Kabels statt von -20 Grad bis +60 Grad von -20 Grad bis +70 Grad Celsius reicht. Dabei ist davon ausgegangen, daß die Kabelkonstruktion als solche
5 unverändert gelassen wird.

Aus US 5,098,177 ist ein optisches Kabel bekannt, das ein zugfestes Element aufweist, Dabei werden die Lichtwellenleiter lose in Kammern oder Röhrchen untergebracht und weisen
10 eine Beschichtung aus LCP (liquid crystal polymer) auf, dessen linearer Temperatúrausdehnungskoeffizient zwischen $-15 \cdot 10^{-6}$ bis $-5 \cdot 5^{-6}$ (1/K) reicht. Um den unterschiedlichen Ausdehnungen gerecht zu werden, ist ein relativ großer Toleranzbereich (Spiel) zur Wandung von 0,5% vorgesehen. Dies
15 und die Beschichtungsvorgänge stellen einen zusätzlichen Aufwand dar und es vergrößert sich außerdem der Außendurchmesser der Lichtwellenleiter durch die Zusatzbeschichtung, so daß ein Teil dessen, was durch die Einschränkung des Dehnungsverhaltens erreicht wird, durch den vergrößerten
20 Platzbedarf für den Lichtwellenleiter wieder verloren geht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Weg aufzuzeigen wie in einfacher Weise der Raumbedarf für die das oder die optischen Übertragungselemente aufnehmende Kammer innerhalb des optischen Kabels verringert werden kann. Diese
25 Aufgabe wird bei einem Kabel nach dem Oberbegriff des Anspruchs durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

30 Die Erfindung geht somit davon aus, daß im unteren Temperaturbereich, welcher für die Makrokrümmungen besonders kritisch ist, das Ausdehnungsverhalten des Kabels einerseits und das Ausdehnungsverhalten des optischen Übertragungselementes (z.B. in Form eines einzelnen Lichtwellenleiters,
35 eines Lichtwellenleiterbändchens oder einer sonstigen, mechanisch eine Einheit bildenden langgestreckten Lichtwellenleiterstruktur) andererseits so aufeinander abgestimmt

(„synchronisiert“) werden, daß diese nur um einen vorgegebenen Wert maximal voneinander abweichen. Dadurch ist es möglich, für das optische Übertragungselement ein optimal angepaßtes "Bewegungsfenster" zu schaffen, das für sich genommen
5 bereits möglichst klein ist, jedoch auf jeden Fall noch ausreichend, um infolge unterschiedlicher restlicher, insbesondere lokaler, Längenausdehnungen (z.B. aufgrund von Biegung) sich ergebende Makrokrümmungen aufzunehmen und dadurch Dämpfungs-
erhöhungen zu vermeiden.

10

Zusätzlich zu der vorstehend geschilderten Lösung oder auch unabhängig hiervon kann gemäß der Erfindung das Lichtwellenleiterkabel auch so ausgelegt werden, daß
unterhalb von 20°C, insbesondere beim unteren Temperatur-
15 grenzwert des Kabels (z.B. -30°C), die Abweichung zwischen dem prozentualen Dehnungswert des Temperaturganges des optischen Übertragungselementes einerseits und dem prozentualen Dehnungswert einer zugehörigen Kabelkonstruktion andererseits
so gewählt wird, daß die Differenz der Dehnungswerte unter \pm
20 0,03 Prozentpunkte, bevorzugt unter \pm 0,02 Prozentpunkte, und insbesondere unter \pm 0,01 Prozentpunkte liegt.

Die Kammerabmessungen werden zweckmäßig so gewählt, daß sich aus einer zusätzlichen Überlänge des optischen Übertragungselementes bei dem untersten Temperaturgrenzwert etwa erge-
25 bende lokale Biegeradien größer ab 70 mm sind.

Zusätzlich zu der vorstehend geschilderten Lösung oder auch unabhängig hiervon kann auch so verfahren werden, daß das
30 optische Übertragungselement durch mechanisch fest mit ihm verbundene Kunststoffzusätze derart aufgedickt ist (z.B. durch ein weiteres Coating beim Lichtwellenleiter und/oder einen sonstigen Materialauftrag z.B. außen bei Lichtwellenleiterbändchen,) daß bei niedrigen Temperaturen eine,
35 vorzugsweise geringfügige (z.B. max. 0,05%), Anpassung der Dehnung in Bezug auf die Dehnung der Kabelkonstruktion erreicht ist.

Sonstige Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen wiedergegeben.

- 5 Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden anhand von Zeichnungen nachfolgend näher erläutert, in denen Ausführungsbeispiele dargestellt sind.

Es zeigen:

10

Figur 1 die relative Dehnung verschiedener Lichtwellenleiterbändchen in Abhängigkeit von der Temperatur,

Figur 2 in Frontansicht die Lichtwellenleiterbändchen, deren Temperaturgang in Figur 1 dargestellt ist,

- 15 Figur 3 den Temperaturgang verschiedener Kabelkonstruktionen und von Lichtwellenleitern bzw. Lichtwellenleiterbändchen,

Figur 4 im Querschnitt ein optisches Kabel mit in Kammern untergebrachten Lichtwellenleiterbändchen.

- 20 Figur 5 in Querschnitt ein Kabel mit auf einem Zentralelement aufgeseilten, Lichtwellenleiterbändchen enthaltenden Verseilelementen,

Figur 6 ein Kabel mit in einem zentralen Rohr angeordneten einzelnen Lichtwellenleitern,

- 25 Figur 7 ein Kabel mit in einem Zentralrohr angeordneten einzelnen Lichtwellenleiterbändchen und

Figur 8 im Querschnitt ein Kabel mit auf einem Zentralelement aufgeseilten, einzelne Lichtwellenleiter enthaltenden Verseilelementen.

30

Figur 1 zeigt den Verlauf der Dehnung dL/L (%) in Abhängigkeit von der Temperatur T in °C. Im einzelnen wurden drei verschiedene Lichtwellenleiterbändchen untersucht, die in Figur 2 in Frontansicht dargestellt und mit RB4, RB8 und RB12 bezeichnet sind. Bei dem Bändchen RB4 sind insgesamt vier Lichtwellenleiter LW vorgesehen, bei RB8 insgesamt acht und bei RB12 insgesamt zwölf Lichtwellenleiter. Die Lichtwellen-

35

leiter zeigen den üblichen Aufbau, das heißt sie haben einen Kern mit etwa 9 μm Durchmesser (bei Monomodefasern), einen Mantel (Cladding) von 125 μm Außendurchmesser und eine ein- oder mehrlagige Beschichtung aus Kunststoff (Coating - z.B. aus Acrylharz, Urethanacrylat oder Siliciumacrylat, Epoxy-Acrylat, unpolaren Systemen usw. bestehend) von ca. 250 μm Außendurchmesser. Alternativ können auch Multimodefasern (Kern - Durchmesser = 50 μm /62,5 μm oder 100 μm) oder POF („plastic optical fibers“)-Fasern verwendet werden. Diese Lichtwellenleiter stoßen zweckmäßig mit ihrem Coating unmittelbar aneinander und sind außen mit einer gemeinsamen Schutzhülle SH umgeben, die vorteilhaft aus einem Kunststoffmaterial, z. B. einem Thermoplasten oder einem Acrylat, insbesondere Urethanacrylat besteht. Die Dicke d des so jeweils hergestellten Lichtwellenleiterbändchens beträgt für alle Ausführungsformen der in Figur 2 dargestellten Lichtwellenleiterbändchen etwa 280 - 400 μm , bevorzugt zwischen 310 und 370 μm . Das Bändchen RB4 hatte für die nachstehend beschriebene Messung eine Breite b von 1,1 mm, das Bändchen RB8 von 2,1 mm und das Bändchen RB12 von etwa 3,2 mm. Die Dicke oder Höhe d des Bändchens RB4 betrug 370 μm , die des Bändchens RB8 310 μm und die des Bändchens RB12 ebenfalls 310 μm .

Wie sich aus Figur 1 ergibt, ist der Kurvenverlauf des Temperaturgangs für die Dehnung dL/L für alle drei Bändchen der in Figur 2 dargestellten Art ziemlich ähnlich, wobei der Kurvenverlauf KR4 den dL/L -Wert für das Bändchen RB4, der gestrichelte Kurvenverlauf KR8 den für das Bändchen RB8 und der strichpunktierte Kurvenverlauf KR12 den für das Bändchen RB12 wiedergibt. Insbesondere zeigt sich, daß oberhalb von 20°C die Kurven fast waagrecht verlaufen, das heißt der Temperaturexpansionskoeffizient im wesentlichen vom Glasteil der Lichtleitfaser bestimmt wird. Erklärbar ist dies dadurch, daß bei den höheren Temperaturen der Einfluß der Schutzhülle SH und/oder des Coatings der Lichtwellenleiter LW wegen der größeren Weichheit der Stoffe nicht mehr so stark in Erschei-

nung tritt wie bei niedrigeren Temperaturen. Unterhalb von 20° und insbesondere unterhalb von 0° ergibt sich ein sehr starker Temperaturgang für die Dehnung dL/L , was darauf hinweist, daß hier eine starke Wechselbeeinflussung zwischen dem Bändchencoating und Fasercoating einerseits und dem Glas der eigentlichen Lichtwellenleiterfasern andererseits stattfindet. Glas, welches für Lichtleitfasern verwendet wird, hat einen Ausdehnungskoeffizienten von $\alpha = 0,04 \cdot 10^{-5}$ bis $0,1 \cdot 10^{-5}$ 1/K, während die für das Coating verwendeten Materialien Ausdehnungskoeffizienten etwa im Bereich $\alpha = 5 \cdot 10^{-5}$ bis $30 \cdot 10^{-5}$ 1/K und die für die Schutzhülle SH etwa im Bereich $\alpha = 5 \cdot 10^{-5}$ bis $30 \cdot 10^{-5}$ 1/K aufweisen, wobei der erste Wert für -30°C und der letzte für 60°C gilt. Das Temperaturverhalten des Ausdehnungskoeffizienten dieser Kunststoffmaterialien ist außerdem nicht linear.

Figur 3 zeigt ebenfalls für den Temperaturbereich T von -30° (als unterer Temperaturgrenzwert des Kabels angenommen) bis +60° C (als oberer Temperaturgrenzwert des Kabels angenommen) den Temperaturgang beispielhaft für verschiedene Kabelkonstruktionen. Die Kurven zeigen normiert auf 20°C (Raumtemperatur) die Längenänderung $dL/L = f(T)$, wobei inkrementell näherungsweise gilt $\Delta L/L = \epsilon = \alpha \Delta T$ mit α als Temperaturausdehnungskoeffizient und Temperaturschritten von jeweils $\Delta T = 10^\circ$ im vorliegenden Beispiel. Der mittlere jeweilige (inkrementelle) Temperaturausdehnungskoeffizient α entspricht somit der Steigung der Dehnungskurve zwischen zwei solchen Ecktemperaturen, so daß gilt $\alpha = \epsilon / \Delta T$.

Bei den Kabelkonstruktionen sind zunächst Kammerkabel mit Lichtwellenleiterbändchen vorausgesetzt, wie sie der in Figur 4 dargestellte Querschnitt eines derartigen Kabels CA zeigt. Es können im Rahmen der Erfindung aber auch alle anderen Kabelkonstruktionen verwendet werden, z.B. Hohladerkabel („loose tube“), Luftkabel, usw., wie beispielhaft anhand der Figuren 6 bis 8 noch erläutert wird.

Das Kabel CA nach Figur 4 weist ein zentrales Zugelement CE zum Beispiel aus Stahldrähten oder aus glasfaserverstärktem Kunststoffmaterial (GFK oder FRP=„fiber reinforced plastic“) auf, auf welchem fest eine aus Kunststoffmaterial bestehende, mit helixförmig verlaufenden, vorzugsweise rechteckigen, nach außen offenen Nuten oder Kammern CB versehene Zwischenschicht (Kammerkörper) CS folgt. Die offenen Kammern CB werden von einer Bespinnung oder Bewicklung BN, zum Beispiel mittels einer Folie, Quellvlies oder dergleichen verschlossen. Nach außen hin folgt ein vorzugsweise aus Kunststoff, insbesondere PE bestehender Außenmantel AS. In den Kammern CB ist jeweils ein Stapel STP von Lichtwellenleiterbändchen angeordnet, wobei diese in radialer Richtung aufeinander gestapelt sind und bei einer der Kammern mit LB1 bis LBn (im vorliegenden Beispiel ist $n = 5$ gewählt und die Zahl der Lichtwellenleiter im Bändchen jeweils mit 4 angenommen) bezeichnet sind. Diese Lichtwellenleiterbändchen LB1 bis LBn können bevorzugt den in Figur 2 näher dargestellten Aufbau haben.

Die Lichtwellenleiterbändchen LB1 bis LBn sind beweglich in den Kammern CB angeordnet, das heißt der Querschnitt der Kammern CB (Breite B, Höhe H) ist etwas größer gewählt als die Außenabmessungen (Breite BS, Höhe HS) des Bändchenstapels STP aus den Bändchen LB1 bis LBn. Dadurch sind diese Lichtwellenleiterbändchen zwar in bestimmten Teilbereichen über Reibung an die Wandung bzw. den Boden der Kammer gekoppelt, sonst aber grundsätzlich auch frei beweglich. Die Breite B ist zweckmäßig nur geringfügig größer zu wählen (bevorzugt zwischen 0,2 und 0,4 mm - die Breite ist abhängig vom Biegeradius des Kabels und die angegebenen Werte gelten für Biegeradius = 10facher Kabeldurchmesser) als BS, weil hier keine nennenswerten Temperaturprobleme auftreten.

Jedes derartige Kabel hat einen bestimmten Temperaturgang des Temperaturausdehnungskoeffizienten α , wobei α in starkem Maße von den Dimensionen und den verwendeten Materialien bzw. den jeweiligen Materialanteilen an der Gesamtkonstruktion

abhängt. Einen besonderen Einfluß auf das Ausdehnungsverhalten haben zugfeste Materialien, z.B. der zugfeste Kern CE, und Kunststoffmaterialien mit größeren Dimensionen wie z.B. das die Kammern CB umgebende Kunststoffmaterial des Kammerkörpers SC sowie der ein oder mehrschichtige Außenmantel AS.

Je größer die Unterschiede in den Ausdehnungskoeffizienten der Kabelstruktur des Kabels CA nach Figur 4 einerseits und der Lichtwellenleiterbändchen LB1 bis LBn andererseits sind, um so größer muß die jeweilige Kammer CB in radialer Richtung (=Kammerhöhe H) dimensioniert werden, damit für den vorgegebenen Betriebstemperaturbereich (meist von - 30°C bis + 60°C) für de Stapel STP aus Lichtwellenleiterbändchen LB1 bis LBn ausreichende Bewegungsmöglichkeiten (Ausweichmöglichkeiten) vorhanden sind, um die Unterschiede in den Ausdehnungskoeffizienten ausgleichen zu können, ohne daß es zu unerwünscht großen Makrobiegungen kommt. Obwohl für die nachfolgenden Überlegungen zunächst ein Kammerkabel zugrundegelegt ist, kann das Prinzip der Erfindung, d.h. die Idee der Angleichung („Synchronisation“) des Temperaturganges auf alle anderen Kabelkonstruktionen angewendet werden.

Als Beispiel wird ein Kammerkabel gemäß Figur 4 mit einer maximalen Faseranzahl von 100 zugrundegelegt. Von den insgesamt sechs Kammern kann eine mit einem isolierten elektrischen Leiterpaar EL1, EL2 (Signalkanal) bestückt sein; es ist auch möglich, daß alle Kammern mit Bändchenstapeln belegt sind oder daß einige leer bleiben bzw. nur teilweise bestückt sind. Das dargestellte Kabel kann bis zu 100 Lichtwellenleiter aufnehmen, weil in jeder der verbleibenden 5 Kammern CB 20 Lichtwellenleiter (5 Bändchen à 4 Lichtwellenleiter) vorgesehen sind.

Für die weiteren Überlegungen im Zusammenhang mit Figur 3 ist für alle Beispiele (ausgenommen Kabel entsprechend Kurve CAS3 mit D = 14 mm bei Figur 3) ein Außendurchmesser D von 15 mm zugrundegelegt. Die Wandstärke des Außenmantels AS (aus PE)

liegt bei etwa 1,7 mm, die Lage BN z.B.: aus Quellvlies bei etwa 0,6 mm, der Kammerkörper SC (aus PE) hat einen Außendurchmesser DS von etwa 10,4 mm (ausgenommen CAS3 mit DS = 9,5 mm bei Figur 3) und der im Inneren vorgesehene Kern CE aus zugfestem Material hat einen Außendurchmesser von 2,6 mm. Die nachfolgenden Berechnungen und dargestellten Kurvenverläufe enthalten natürlich gewisse Fehlerwerte zum einen dahingehend, daß sehr genaues Datenmaterial in der Literatur vielfach nicht vorhanden ist und durchgeführte Messungen nur im Rahmen von bestimmten Toleranzwerten erfolgen können. Diese Unschärfen, welche durch entsprechende Toleranzwerte gegeben sind, können zwar die dargestellten bzw. errechneten oder gemessenen Werte in gewissem Umfang verändern; sie liegen jedoch weit unterhalb dem, was an Verbesserungen durch die erfindungsgemäße abgewandelte Dimensionierung der Kabelstruktur erreicht werden kann. Durch experimentelle Versuche ist es (z.B. mittels Prototypen) möglich, die „Synchronisation“ des Temperaturganges zu beeinflussen, um daraus die richtigen Querschnitte bzw. Mischungsverhältnisse abzuleiten.

In Figur 3 ist normiert auf 20°C der punktiert dargestellte Kurvenverlauf mit dem größten Temperaturgang der Dehnung $dL/L = f(T)$ eines Kabels mit CAG2 bezeichnet. Das zugehörige Kabel hat ein zugfestes Zentralelement CE von 2,6 mm Durchmesser aus glasfaserverstärktem Kunststoff, wobei das Matrixmaterial aus Vinylesterharz oder Epoxidharz (Anteil ca. 20%) besteht und etwa 80 % der Querschnittsfläche mit Glasfaserfilamenten gefüllt sind. Der Temperaturgang dieses so aufgebauten Kabels CAG2 reicht von etwa -0,16 bei -30° bis 0,09 bei + 60°.

Die ausgezogene Kurve CAS1 unterscheidet sich von der Kabelkonstruktion CAG2 lediglich dadurch, daß das zugfeste Element CE in diesem Fall aus einem Stahldraht von 2,6 mm Durchmesser besteht. Der Temperaturgang der Dehnung dL/L des Kabels CAS1 ist geringer als der des Kabels CAG2, wobei aber beide Kabel in der Tendenz grundsätzlich einen ähnlichen Dehnungsverlauf

zeigen. Der Temperaturgang dieses so aufgebauten Kabels CAS1 reicht von etwa -0,10 bei -30° bis 0,07 bei + 60°.

Das Kabel mit dem kurz gestrichelten Kurvenverlauf CAS3 hat
5 ebenfalls einen aus Stahldraht bestehenden Kern von 2,6 mm Durchmesser, wobei jedoch hier ein genuteter Kunststoffkörper SC von geringerem Durchmesser nämlich von etwa $DS = 9,5$ mm (statt vorher 10,4 mm) vorausgesetzt ist, die Wandstärke des Außenmantels AS beträgt immer noch 1,7 mm wie bei den vorher-
10 gehenden Beispielen. Der Temperaturgang dieses so aufgebauten Kabels CAS3 reicht von etwa -0,1 bei -30° bis 0,07 bei + 60°.

Die dick gestrichelte Kurve RB zeigt den Dehnungsverlauf für ein Lichtwellenleiterbändchen (RB4 nach Fig. 2). Die dicke
15 ausgezogene Kurve FB zeigt den Verlauf für einen einzelnen beschichteten (Coating) Lichtwellenleiter mit 250 μ m Außendurchmesser. Durch die große Differenz im Temperaturverlauf im Bereich unterhalb von 20°C zwischen dem Bändchenverlauf RB und dem Verlauf der Kammerkabel CAG2, CAS1, CAS3 müssen große
20 Kammertiefen H vorgesehen werden, um die Ausgleichsbewegungen bei niederen Temperaturen zu ermöglichen und so Makrokrümmungen zu vermeiden.

Um den Einflußfaktor des Ausdehnungskoeffizienten der Kunststoffmaterialien zu zeigen, wird nun von einem Mehrkomponentensystem (d.h. aus unterschiedlichen Materialien bestehend)
25 ausgegangen mit einem Ausdehnungskoeffizienten von $1 \cdot 10^{-5}$ 1/K für das Kunststoffmaterial (Außenmantel AS, Kunststoffkörper SC des Kabels nach Figur 4 bei sonst gleichen
30 Abmessungen) zugrundegelegt und für ein Kammerkabel mit GFK-Kern CE (Kurve CAG5 in Fig. 3) bzw. mit Stahldraht-Kern CE (Kurve CAS4 in Fig. 3) berechnet. Kern- und Mantelmaterial sind weiterhin mit gleichem E-Modul wie bei den vorherigen Beispielen vorausgesetzt. In der Praxis kann der vorstehend
35 genannte Ausdehnungskoeffizient beispielsweise dadurch realisiert bzw. angenähert werden, daß alle PE-Materialien (Elemente AS und SC in Figur 4) mit LCP gefüllt werden, wobei

der prozentuale Anteil des LCP von der zur korrigierenden Längendifferenz abhängt.

Die dick gestrichelte Kurve RB und die Kurve CAS4 laufen unterhalb 20° weitgehend gleich, d.h. es kann mit einer sehr geringen Kammerhöhe H gearbeitet werden, weil die Dehnung des Kabels und die der Lichtwellenleiterbändchen etwa gleich („synchron“) verläuft.

- 10 Wird dagegen beispielsweise eine Kabelkonstruktion entsprechend dem Kurvenverlauf CAG2 verwendet, dann muß die sehr starke Schrumpfung dieses Kabels bei -30°C (bis -0,16 %) zwangsläufig zu einer erheblichen Überlänge der Bändchen LB1 bis LBn in den Kammern bei der Struktur nach Figur 4 führen, deren Dehnung (von CAG2) bei -30° C nur etwa -0,06% beträgt, so daß sich dort eine Längendifferenz von $-0,16 + 0,06 = -0,1$ für die Gesamtkonstruktion ergibt. Die Lichtwellenleiterbändchen LB1 bis LBn werden sich bei niedrigen Temperaturen den Kabeln nach Figur 4 zum Längenausgleich (theoretisch) in einer etwa wellenförmig verlaufenden Linie lagern, um eine größere Länge aufnehmen zu können, da die Knickkräfte nach EULER sehr klein sind für das Bändchen LBn.

- Geht man von einer etwa sinusförmigen Wellenlinie aus, welche die Bändchen LB1 und LBn bei dem Kabel nach Figur 4 einnehmen, dann muß der Restspalt $SP = H - HS$ (Leerraum oberhalb des Bändchenstapels bei 20°C) bei einem Kabel entsprechend CAG2 etwa 0,8 mm betragen, wenn keine Stauchkräfte auf die Bändchen LB1 bis LBn ausgeübt werden sollen. Geht man dagegen von einer Kombination entsprechend den Kurven RB einerseits und CAS4 (Figur 3) andererseits aus, dann braucht, um die verbleibende Längendifferenz infolge der unterschiedlichen Dehnungen ($-0,06\% + 0,055\% = -0,005\%$) aufnehmen zu können, die Spaltbreite SP nur etwa 0,2 mm groß sein. Eine gewisse Restspaltbreite ist im allgemeinen deshalb zweckmäßig, um Toleranzen bei der Fertigung zu kompensieren und ggf. für die Aufnahme bzw. den Ausgleich von Biegespannungen.

Wenn man das Kammerkabel entsprechend Figur 4 nicht mit Lichtwellenleiterbändchen, sondern mit einzelnen Lichtwellenleitern (Lichtwellenleiter mit Coating = Außendurchmesser z.B. 250 μm) bestückt, dann ist eine möglichst starke Annäherung zwischen der den Temperaturgang des Ausdehnungskoeffizienten für einen einzelnen Lichtwellenleiter angehenden Kurve FB und der Kabelkurve vorzusehen. Hierzu ist die Kombination mit einem Kabel CAG5 zweckmäßig, d.h. die Lichtwellenleiter werden in einem Kammerkabel der vorstehend beschriebenen Art (analog zu CAS4) jedoch mit einem Glasfaserkern CE von 2,6 mm Außendurchmesser angeordnet.

Allgemein gilt, daß je geringer im unteren Temperaturbereich die Abweichung der Temperaturverläufe gewählt wird, d.h. je kleiner der Abstand zwischen der Kabeltemperaturkurve einerseits und der Temperaturkurve für die optischen Übertragungselemente (RB, FB) andererseits ist, desto weniger Restspalt muß bei den Kammern CB des Kammerkörpers SC zur Verfügung gestellt werden, um bei niedrigen Temperaturen etwaige Rest-Ausgleichsvorgänge noch zuzulassen.

Im allgemeinen wird die Auslegung somit vorteilhaft so durchgeführt, daß zunächst die Kurve RB (bei Verwendung von Lichtwellenleiterbändchen) bzw. FB (bei Verwendung von einzelnen Lichtwellenleitern) in Abhängigkeit von der Temperatur für den vorgegebenen Temperaturbereich des Kabels z.B. von -30°C bis $+60^{\circ}\text{C}$ durch Rechnung oder Versuch bestimmt wird. Dann wird die Auslegung der zugehörigen Kabelkonstruktion durch Änderung der verschiedenen Parameter (z.B. Ersatz eines Stahlkernes CE durch einen GFK-Kern, Ersatz des Kunststoffmaterials für den Kammerkörper SC durch ein anderes Kunststoffmaterial, Ersatz des Außenmantels AS durch ein anderes Kunststoffmaterial) so variiert, daß der Temperaturverlauf der so erhaltenen Kabelkonstruktion im Bereich zwischen 20°C und dem unteren Grenzwert (z.B. -30°C) möglichst nahe (bei Verwendung von Lichtwellenleiterbändchen) bei dem Temperatur-

verlauf des Lichtwellenleiterbändchens RB bzw. (bei Verwendung von einzelnen Lichtwellenleitern) bei dem Temperaturverlauf des Lichtwellenleiters FB liegt. Neben den vorstehend beschriebenen Material-Variationen für die verschiedenen Elemente AS, SC und CE oder auch zusätzlich hierzu ist es auch möglich, die Dimensionen dieser Elemente zu verändern, d.h. z.B. den Durchmesser des Kernelementes CE größer oder kleiner zu machen, die Wandstärke des Außenmantels AS zu verändern und ggf. auch den Querschnitt des Kammerkörpers zu variieren. Infolge dieser vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten ist es möglich, für das jeweilige optische Übertragungselement, als z.B. für einen vorgegebenen Bändchentemperaturgang (RB) oder einen vorgegebenen Lichtwellenleitertemperaturgang (FB) die zugehörige Kabelstruktur in dem gewünschten Maße hinsichtlich des Temperaturganges zu optimieren.

Es ist zweckmäßig, daß die thermische Schrumpfung des Kabels im Bereich von 20°C bis zum untersten Temperaturwert gemäß der jeweiligen Kabel-Spezifikation (hier bei den Beispielen -30°C) um nicht mehr als $\pm 30\%$, bevorzugt nicht mehr als $\pm 20\%$, von der thermischen Schrumpfung des verwendeten optischen Übertragungselementes (z.B. Lichtwellenleiters FB oder des Lichtwellenleiterbändchens RB) abweicht. Ein besonders gedrängter Aufbau mit einem kleinen Restspalt läßt sich dann realisieren, wenn die thermische Schrumpfung des Kabels im Bereich von 20°C bis zum untersten Temperaturwert um $\leq \pm 10\%$ von der thermischen Schrumpfung des verwendeten optischen Übertragungselementes abweicht. Besonders bei günstiger Materialauswahl und exakter Abstimmung läßt sich ein sehr kompakter Kabelaufbau auch dahingehend realisieren, daß die Abweichung der thermischen Schrumpfung des Kabels von der des optischen Übertragungselementes $\leq \pm 5\%$ beträgt. Bei optimaler Ausnützung aller möglichen Parameter sind sogar Abweichungen $\leq \pm 2\%$ realisierbar.

Die Auslegung des Temperaturganges des Kabels CA einerseits bezogen auf den Temperaturgang der optischen Übertragungselemente (z.B. der Lichtwellenleiter LW bzw. der Bändchen RB) andererseits sollte also so erfolgen, daß diese Abweichung
5 möglichst gering gehalten wird und zwar bei Temperaturen unter 20°. Es kann auch zweckmäßig sein, diese Abweichung auf Temperaturen unter 10° und insbesondere auch unter 0°C zu beziehen.

- 10 Wie sich aus Figur 3 ergibt, kann die ausreichend gute Annäherung zwischen der Kabelkonstruktion z.B. CAG5 einerseits und dem zugehörigen optischen Übertragungselement z.B. FB andererseits auch in einer absoluten Größe ausgedrückt werden. So sollte zweckmäßig bei dem unteren Temperatur-
15 Grenzwert des Kabels gemäß Kabel-Spezifikation (im vorliegenden Beispiel unterste Temperatur -30°C) die Abweichung zwischen dem prozentualen dL/L Wert des Temperaturganges des optischen Übertragungselementes (z.B. FB) einerseits und dem prozentualen dL/L Wert einer zugehörigen Kabelkonstruktion
20 (z.B. CAG5) andererseits so gewählt wird, daß die Differenz der zugehörigen dL/L-Werte unter $\pm 0,03$ Prozentpunkte liegt, wobei bevorzugt Werte von unter $\pm 0,02$ Prozentpunkte eingesetzt werden, weil hierfür dann sehr kleine Restspaltbreiten erforderlich sind. Bei einer sehr sorgfältigen Auslegung der
25 Kabelkonstruktion im Bezug auf das zugehörige optische Übertragungselement sind auch Unterschiede von $\pm 0,01$ Prozentpunkte in den Werten dL/L realisierbar. Beispielsweise unterscheiden sich das Kabel gemäß Kurve CAS4 und die Lichtwellenleiterbändchen gemäß Kurve RB nach Figur 3 nur um weniger als
30 0,01 Prozentpunkte (=vorteilhafte Kombination), während gegenüber einzelnen Lichtwellenleitern (FB) dieses Kabel um etwa 0,035 Prozentpunkte (=unvorteilhafte Kombination) abweicht.

- 35 Ein kleiner Restspalt etwa im Bereich zwischen 0,1 mm und 0,4 mm bei den Kammern CB ist auch deswegen zweckmäßig um Bewegungsvorgänge in eng begrenzten Bereichen zuzulassen, wie

sie bei Biegungen des Kabels zum Beispiel beim Einziehen in Rohre oder dergleichen oder beim Auftrommeln auf eine Kabeltrommel vorkommen können. Auch hierbei findet, wegen der Reibungs-Verbindung zwischen den Lichtwellenleiterbändchen LBl bis LBN einerseits und der Wandung des genuteten Kunststoffkörpers SC andererseits kein vollständiger Bewegungsausgleich statt, obwohl der Kurvenverlauf der Kammern CB helixförmig ist, weil die Reibung dieser Bewegungsvorgänge nur lokal zuläßt. Der Gleitreibungskoeffizient schwankt zwischen 0,2 und 0,7 je nach Materialpaarung des Kabeldesigns.

Aufgrund der Reibkoeffizienten und der geringen Knickkräfte nach EULER erfährt das Lichtwellenleiterbändchen durch die Kabelhülle nur sehr geringe Stauchkräfte. Im allgemeinen ist es nicht erforderlich, daß die Lichtwellenleiterbändchen bei der Kabelstruktur nach Figur 4 keinerlei Stauchungen erfahren. Sehr kleine Stauchkräfte haben kaum eine Bedeutung, da es um Instabilitäten geht und die Knickkraft klein ist.

Die Lichtwellenleiter bzw. Lichtwellenleiterbändchen werden im allgemeinen bei Raumtemperatur unter einer meist geringen Vorspannung so eingelegt, daß sie gerade am Boden der jeweiligen Kammer CB aufliegen. Wegen des aus Figur 3 ersichtlichen Dehnungsverhaltens kommt es, da bei zunehmender Temperatur sich das Kabel entsprechend den Kurven CAG2 bis CAG5 stärker dehnt als der Lichtwellenleiter entsprechend der Kurve FB/RB, zu einer Zunahme der Zugspannung. Diese ist in einem gewissen für die jeweiligen Lichtleitfasern jeweils bekannten Bereich unschädlich.

Die Auslegung erfolgt weiterhin generell, d.h. unabhängig von der konkreten Kabelkonstruktion, vorteilhaft so, daß bei den höheren Temperaturen, d.h. im oberen Temperatur-Grenzbereich (z.B. 60°C gemäß Kabel-Spezifikation) die auf die Lichtwellenleiter infolge der Temperaturerhöhung ausgeübte Dehnung nicht über einen vorgegebenen Grenzwert, vorteilhaft nicht über 0,1%, und insbesondere nicht über 0,05%, ansteigt. Im allgemeinen kann davon ausgegangen werden, daß eine tempera-

turbedingte Dehnung im obersten Temperaturbereich, das heißt bei der höchsten Temperatur gemäß Kabel-Spezifikation (z.B. von 60°C) von 0,1% (aufgrund einer Temperaturbelastung) noch ohne Auswirkungen auf die Lebensdauer (aufgrund der dann vernachlässigbaren Bruchwahrscheinlichkeit) der optischen Übertragungselemente bleibt und auch für die optischen Übertragungselemente noch keine unerwünschte Dämpfungserhöhung der Lichtleitfasern ergibt. Bei kurzfristigen Einwirkungen (z.B. beim Verlegen) werden vielfach bestimmte Dehnungsgrenzwerte gemäß Kabel-Spezifikation (z.B. durch Zugspannungen) für die Lichtleitfasern zugelassen, die im allgemeinen bis 0,3% oder 0,2% reichen. In diese Grenzwerte sollte die temperaturbedingte Dehnung, wenn sie bei der Verlegung auftreten kann, mit eingerechnet werden, also z.B. temperaturbedingte Dehnung 0,1% + Dehnung durch Zugkräfte bei der Verlegung 0,2% ergibt eine Gesamtdehnung von 0,3% (im ungünstigsten Fall).

Je näher der Kurvenverlauf für die Lichtwellenleiter/-bändchen FB/RB und der für das Kabel (wie zum Beispiel im Fall der Kabelkonstruktion entsprechend CAG5) beieinander liegen, desto geringer ist auch der Anstieg welcher die Dehnungsbeanspruchung bei den Lichtwellenleiter/Lichtwellenleiterbändchen erfährt. Im allgemeinen ist eine Kurvenabweichung im oberen Bereich, d.h. bei den höheren Temperaturen weniger kritisch, weil geringe Zugkräfte in dem erwähnten Toleranzbereich von den Lichtwellenleitern ohne weiteres aufgenommen werden können, ohne daß es zu einer Erhöhung der Übertragungsdämpfung kommt. Dagegen ist der Bereich bei niedrigeren Temperaturen infolge der nicht genau definierten etwa auftretenden Makrobiegungen und der dadurch verursachten Makrobiegungsdämpfung im allgemeinen meist kritischer. Es ist deshalb zweckmäßig, wenn der Kurvenverlauf zwischen der Kabelkonstruktion einerseits und den Lichtwellenleitern/Lichtwellenleiterbändchen andererseits im tiefen Temperaturbereich, das heißt unter 20°C, insbesondere unter 10°C und vorzugsweise unter 0°C stärker einander angenähert wird, wie dies in Figur 3 bei den

Kurvenverläufen FB einerseits und CAG5 andererseits (oder RB und CAS4) gegeben ist.

Die Anwendung der Erfindung ist nicht auf die in Figur 4 dargestellte Kabelkonstruktion eines sogenannten Kammerkabels beschränkt. Die Erfindung kann vielmehr allgemein dort Anwendung finden, wo Temperaturfenster eingeplant werden aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten.

Beispielsweise kann eine Konstruktion entsprechend Figur 5 vorgesehen sein, wo eine Anzahl von n Verseilelementen CL51 bis CL5n auf einem zugfesten Kern CE5 aufgeseilt sind, beispielsweise in der Art der sog. "loose tube"- oder Hohladerkonstruktionen. Die einzelnen etwa rohrförmigen Verseilelemente haben im Innern rechteckförmige oder runde Kammern CB51 bis CB5n, in denen Lichtwellenleiterbändchen LB51 bis LB5n in der im Zusammenhang mit Figur 4 erläuterten Weise in Form eines Stapels untergebracht sind. Auch hier muß, um Ausdehnungsvorgänge im Rahmen des für das Kabel vorgesehenen Temperaturbereichs durchführen zu können, ein entsprechender Spalt vorgesehen sein, d.h. die Höhe des Bändchenstapels STP5 ist geringer zu wählen, als die Höhe der jeweiligen Kammeröffnung. Die Auswahl einer vorteilhaften Zuordnung zwischen den Ausdehnungskoeffizienten des bzw. der Lichtwellenleiter/ oder der Lichtwellenleiterbändchen einerseits und der Kabelkonstruktion andererseits erfolgt analog zu den im Zusammenhang mit Figur 3 erläuterten Überlegungen, d.h. die Bändchen- dehnung und die Gesamtdehnung der Kabelkonstruktion werden soweit aneinander angenähert, daß im Bereich unterhalb von 20°C, vorzugsweise unterhalb von 10°C und insbesondere unterhalb von 0°C die Differenz der relativen Dehnung zwischen der Kabelkonstruktion einerseits und den Lichtwellenleitern bzw. Lichtwellenleiterbändchen andererseits kleiner gehalten wird als 30%, vorzugsweise unter 20% und insbesondere unter 10%.

In Figur 6 ist ein optisches Kabel CA6 dargestellt, welches einen Außenmantel AS6 aus Kunststoffmaterial, eine zugfeste Zwischenschicht ZF6, ein Innenrohr SR6 aus Kunststoff und

darin angeordnete einzelne Lichtwellenleiter LW1 bis LWx enthält, wobei diese zweckmäßig in eine weiche Füllmasse FM6 eingebettet sind.

- 5 Geht man von einer üblichen (bekannten) Kabelkonstruktion aus, dann hat das dargestellte Kabel folgenden Aufbau:

Außendurchmesser des Kabels CA6: 11,0 mm

Wandstärke AS6: 2,5 mm, Material PE

- 10 Wandstärke ZF6: 1,6 mm, Material GFK-Rohr extrudiert

Wandstärke SR6: 0,55 mm, Material PC/PBT oder PBT

- Das dargestellte Kabel hat bei der vorstehend beschriebenen Auslegung bei -30°C analog zu Figur 3 eine relative Längenänderung dL/L von $-0,08\%$. Es liegt also in einer größeren Entfernung von der Kurve FB, welche für einzelne Lichtwellenleiter (wie in Figur 6 dargestellt) gilt und einen Wert dL/L von etwa $0,02\%$ bei -30°C hat. Bei $+60^{\circ}$ ergibt sich ein Wert von dL/L von $+0,05\%$ für ein Kabel gemäß Figur 6.

20

- Es besteht im Rahmen der Erfindung eine erste Möglichkeit einer „Synchronisation“ dahingehend, daß die Lichtwellenleiter von 0,25 auf 0,35 mm aufgedickt werden (durch ein zusätzliches Acrylatcoating). Derartige Fasern haben dann ein dL/L von etwa $-0,059\%$ bei -30°C und von $+0,017$ bei $+60^{\circ}\text{C}$.

25

- Verwendet man anstelle der Einzellichtwellenleiter bei Figur 6 Bändchen, dann ergibt sich ebenfalls eine gewisse „Synchronisation“, weil deren dL/L bei -30°C bei etwa $-0,063\%$ und bei $+60^{\circ}\text{C}$ bei etwa $0,01$ liegt (vgl. Fig. 3).

30

- Um das Temperaturverhalten eines Kabels analog Figur 6 zu verbessern, können im Rahmen der Erfindung beispielsweise auch Abwandlungen des eigentlichen Kabelaufbaus vorgenommen werden, wobei die Abmessungen gegenüber dem vorher beschriebenen Ausführungsbeispiel zunächst unverändert gelassen werden:

35

Statt 12 Einzelfasern werden 3 Stück 4er Bändchen verwendet.
Der Außenmantel AS6 besteht aus 80% PE + 20% LCP ("liquid
cristall polymer" - Angaben hier und nachfolgend jeweils in
Gew%). Die Dehnung dL/L bei -30°C liegt für das Kabel bei
5 etwa - 0,06%.

Mit geänderten Abmessungen kann ebenfalls gearbeitet werden.
So kann eine Reduktion der Wandstärke des Außenmantels AS6
10 von 2,5 mm auf 1,5 mm (ergibt Kabeldurchmesser = 9 mm) erfol-
gen, was ein dL/L (-30°C) von etwa -0,06% ergibt und bei
+60°C ein dL/L von 0,038% .

In Figur 7 ist ein teilweise strichpunktiert dargestelltes,
15 übliches Kabel CA7* mit einem Außendurchmesser von etwa 13,9
mm gezeichnet, dessen Außenmantel AS7* kreisrund ist und eine
gleichmäßige Wandstärke von 3 mm aufweist und aus PE besteht.
In diesen Außenmantel sind, ebenfalls strichpunktiert darge-
stellt etwa mittig zwei diametral gegenüberliegende, zugfeste
20 Elemente ZE71* und ZE72* eingebracht, die in einer Quer-
schnittsebene liegen, einen Außendurchmesser von 1,5 mm auf-
weisen und aus Stahldraht bestehen. Nach innen folgen ein
Stahlrillenmantel SR72 und eine aus Kunststoffmaterial
(insbesondere PBT oder PC/PBT) bestehendes Innenrohr SR71. Im
25 Inneren des Rohres SR71 ist eine Stapel STP7 von Lichtwellen-
leiterbändchen angeordnet, der ggf. in eine Füllmasse FM7
eingebettet sein kann. Ein derartiges Kabel CA7* hat bei -
30°C analog Figur 3 einen dL/L Wert von - 0,09% und liegt
also im größeren Abstand zu der für optische Übertragungsele-
30 mente in Bändchenform zuständigen Kurve RB.

In Figur 7 ist mit ausgezogenen Linien ein gemäß der Erfin-
dung optimiertes optisches Kabel CA7 dargestellt, das einen
ovalen Außenmantel AS7 aufweist. Nach innen folgt wiederum
35 der Stahlrillenmantel SR72 und das aus Kunststoffmaterial
(insbesondere PBT oder PC/PBT) bestehende Innenrohr SR71. Im
Inneren des Rohres SR71 ist weiterhin der Stapel STP7 von

Lichtwellenleiterbändchen angeordnet, der ggf. in die Füllmasse FM7 eingebettet sein kann.

Das Kabel CA7 der in Figur 7 mit ausgezogenen Linien dargestellten Struktur ist im Sinné der Lehre der Erfindung optimiert. Hierzu sind eine Reihe von Änderungen gegenüber dem ursprünglichen Zustand CA7* durchgeführt:

Anstelle von PE wird für den Außenmantel AS7 ein MDPE verwendet, das einen Anteil von 10% LCP enthält. Der Außenmantel AS7 ist elliptisch geformt mit Ellipsenachsen von 13 und 11 mm, wobei die Ellipsenachse 13 mm dort liegt, wo die zugfesten Elemente angeordnet sind. Durch die Änderungen der Außenkontur des Kabels CA7 ergibt sich eine Einsparung an Mantelmaterial etwa in der Größenordnung von 30%. Weiterhin verringert sich der Einfluß des Mantelmaterials auf das Gesamtverhalten des Kabels wegen des geringeren Materialanteils. LCP hat einen Ausdehnungskoeffizienten α von $-0,03 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$ und einen E-Modul von $20\,000 \text{ N/mm}^2$. Durch den LCP-Anteil wird der thermische Ausdehnungskoeffizient des Kunststoffmantels entsprechend reduziert.

Eine weitere Änderung wird dahingehend durchgeführt, daß anstelle jeweils eines einzelnen zugfesten Elementes ZE71*, ZE72* auf jeder Seite ein Paar von zugfesten Elementen ZE71, ZE72 bzw. ZE73 und ZE74 beiderseits symmetrisch zu der großen Ellipsenachse angeordnet werden. Sie sind auch etwas weiter nach innen gerückt und liegen praktisch unmittelbar auf dem Stahlrohrwellmantel SR72 auf. Der Durchmesser jedes einzelnen dieser zugfesten Elemente ist hier zu 1,5 mm gewählt, wobei die Elemente aus GFK bestehen. Der Durchmesser der zugfesten Elemente kann ggf. bis zu 1,8 mm vergrößert werden, um eine weitere Feinsynchronisation zu erzielen. Das Innenrohr SR71 mit einem Außendurchmesser von 6 mm und einem Innendurchmesser von 4,4 mm (wie bei CA7*) enthält ebenfalls einen LCP-Anteil und zwar in der Größenordnung von etwa 20%, während der Rest von 80% aus PBT besteht.

Um die Längsdichtigkeit des Kabels sowohl in der Ausführungsform CA7* als auch in der Ausführungsform CA7 zu gewährleisten, kann im Bereich der zugfesten Elemente CE71* und CE72* bzw. CE71 bis CE74 ein quellfähiges Material z.B. in Form eines Quelfadens vorgesehen sein.

Das Kabel CA7* mit dem üblichen Aufbau hat bei -30°C analog Figur 3 eine relative Dehnung dL/L von etwa $-0,09\%$ und liegt damit relativ weit von der den Temperaturgang der Lichtwellenleiterbändchen wiedergebenden Kurve RB mit einem dL/L von etwa $-0,06\%$ entfernt. Nimmt man dagegen die Optimierung vor, wie sie das Kabel AS7 nach Figur 7 zeigt, dann erhält man bei -30°C einen Wert von dL/L von etwa $-0,07\%$, der relativ nahe bei dem Wert von RB von etwa $-0,06\%$ liegt. Hier sind zu einem Stapel STP8 zusammengefaßt 10 Lichtwellenleiterbändchen vorgesehen mit je 8 Lichtwellenleitern und einer Außenabmessung von $2,1 \pm 0,31 \text{ mm}$. Der Einfluß (gegenüber einem Viererbändchen) auf die Dehnungskurve ist aber, wie Figur 1 zeigt, gering. Die Bändchen des Stapels STP8 können in geeigneter Weise, z.B. mittels einer Haltewindel o.dgl. zusammengehalten werden.

In Figur 8 ist ein optisches Kabel CA8 dargestellt, das einen Außenmantel AS8 aufweist. Im Inneren sind zwei rohrförmige Schutzhüllen SH82 und SH81 vorgesehen, wobei SH82 aus zugfesten, vorzugsweise in ein Matrixmaterial eingebetteten Aramid- und/oder Glasfasern besteht und SH81 ein aus Kunststoffmaterial bestehendes Schutzrohr darstellt. Im Inneren des Schutzrohres SH81 ist ein zugfestes Kernelement CE8 vorgesehen, das durch eine Kunststoffauflage AL8 auf einen gewünschten Außendurchmesser aufgedickt ist. Auf dieses so aufgedickte zugfeste Element CE8/AL8 sind mehrere Lichtwellenleiteradern AD1 - ADm aufgeseilt, wobei im vorliegenden Beispiel zusätzliche Blindelemente LE1 - LEm vorgesehen sind. Es ist aber natürlich auch möglich, den gesamten Raum mit Lichtwellenleiteradern vollständig zu beseilen. Die Blindelemente LE1

- LEm bestehen zweckmäßig aus wenig zugfesten Kunststoffmaterialien, wie z.B. PE, PBT. Jede der Lichtwellenleiteradern AD1 - ADm enthält vorzugsweise in eine Füllmasse eingebettet einen oder mehrere Lichtwellenleiter LW ("Hohlader" - "loose tube").

Geht man davon aus, daß das optische Kabel CA8 entsprechend Figur 8 einen herkömmlichen Aufbau zeigt, dann hat es einen Außendurchmesser von 16,25 mm und die einzelnen Elemente zeigen folgende Struktur:

Wandstärke AS8: 2,4 mm, Material: PE
 Wandstärke SH82: 0,55 mm, Material: Aramidfasern und Glasgarne
 Wandstärke SH81: 1 mm, Material: PE
 Wandstärke BW8: 0,3 mm, Material: Kraft-Krepp-Papier
 Außendurchmesser (Umhüllende) der Adern AD1 - ADm): 7,7 mm
 Außendurchmesser LE1- LEm: 2,0 mm, Material PE
 Außendurchmesser AD1 - ADm: 2,0 mm, Material d. Außenwand: PBT oder PC/PBT
 Wandstärke AL8: 0,75 mm, Material: PE
 Außendurchmesser CE8: 2,1 mm, Material GFK

Die relative Dehnung dL/L für dieses Kabel entsprechend Figur 3 ergibt sich bei -30°C zu etwa $-0,31\%$.

Ändert man nun den vorstehend beschriebenen Aufbau im Sinne der Lehre der Erfindung, wird zuerst der stark schrumpfende Kunststoffanteil reduziert, d.h. ein Außendurchmesser von nur 14,4 mm vorgesehen und die einzelnen Elemente zeigen folgende Struktur:

Wandstärke AS8: 2,4 mm, Material: 80% PE und 20% LCP
 Wandstärke SH82: 0 mm, d.h. entfällt
 Wandstärke SH81: 1,55 mm, Material: GFK-Rohr
 mit $E = 40\,000\text{ N/mm}^2$
 und $\alpha = 0,6 \cdot 10^{-5}\text{ 1/K}$

Wandstärke BW8: 0,3 mm, Material: Kraft-Krepp-Papier
Außendurchmesser (Umhüllende) der Adern AD1 - ADm: 7,7 mm
Außendurchmesser LE1- LEm: 2,0 mm, Material PE
Außendurchmesser AD1 - ADm: 2,0 mm, Material d. Außenwand:
5 PBT oder PC/PBT
Wandstärke AL8: 0,75 mm, Material: PE
Außendurchmesser CE8: 2,1 mm, Material GFK

10 Die relative Dehnung dL/L analog Figur 3 ergibt sich für dieses Kabel bei -30°C zu etwa $-0,044\%$ und liegt damit viel näher bei der Kurve FB in Figur 3. Anstelle des oder zusätzlich zum LCP Anteil können beim Außenmantel AS8 auch Glasanteile dem PE zugemischt werden, so daß max. 70 % PE-Anteil übrigbleibt, d.h. z.B. 20% LCP, 10% Glasanteil, 70% PE.

15

Um die „Synchronisation“ zur Faser noch besser zu gewährleisten, können die einzelnen Lichtwellenleiter LW von 0,25 mm auf einen Gesamtdurchmesser von 0,3 mm mit Acrylat aufgedickt werden, was ein dL/L bei -30°C von $-0,038\%$ ergibt, das sehr
20 nahe bei dem Kabelwert von $-0,044\%$ liegt. Allgemein ausgedrückt kann also (zusätzlich zu der vorstehend geschilderten Lösungsmöglichkeiten oder auch unabhängig hiervon) auch so verfahren werden, daß der/die Lichtwellenleiter durch mechanisch fest mit ihm/ihnen verbundene Kunststoffzusätze derart
25 aufgedickt ist/sind, z.B. durch dickeres oder mehrfaches Coating oder einen sonstigen stärkeren oder mehrfachen Materialauftrag (z.B. bei Lichtwellenleiterbändchen nach Figur 2), daß bei niedrigen Temperaturen eine möglichst weitgehende Anpassung (Annäherung) der Dehnung dL/L beim unteren Temperaturgrenzwert in Bezug auf die Dehnung der eigentlichen Kabelkonstruktion erreicht wird. Die Materialauswahl und/oder die
30 Materialstärke kann also auch im Bereich der optischen Übertragungselemente selbst zur Erzielung der „Synchronisation“ mit herangezogen werden.

35

Bei der Erfindung werden somit Polymere (Mantelmaterial und/oder Adermaterial) bezüglich des thermischen Ausdehnungs-

koeffizienten so verändert, daß beim unteren Temperaturgrenzwert der gewünschte dL/L Wert erreicht wird. Die Art und Menge etwaiger Füllstoffe ist weiterhin dafür verantwortlich, in welchem Maß der E-Modul des Ausgangsstoffes verändert wird, d.h. über die Art und Menge des Füllstoffs sind weitere Eigenschaften des Kabels einstellbar (z.B. Erhöhung von Zug und Querdruckeigenschaften bei gleichzeitiger Reduzierung der Biegebarkeit). So können z.B. 0 - 50% Füllstoffe, aus Glas-, und/oder Kohle-, und/oder Mineralpartikeln vorgesehen sein, die in Form von Fasern, Kugeln oder irregulären Gebilden, alleine oder in Kombination angeordnet werden können. Nachfolgend sind Beispiele von Werkstoffen vor und nach dem Einbringen von Füllstoffen angegeben:

- 15 AW = 1 → Mantelkomponente
- AW = 2 → Aderkomponente
- AW = 3 → Füllstoff
- POM = Polyoxymethylenacetal
- PA = Polyamid
- 20 PC = Polycarbonat
- PBT = Polybutenterephthalat

Die α -Werte (nachfolgend angegeben bei 23°C - in erster Näherung kann dieser Wert für den Bereich von Raumtemperatur bis + 80 °C als linearer thermischer Wärmeausdehnungskoeffizient verwendet werden) wurden im, bei tieferen Temperaturen sind kleinere Werte zu erwarten.

AW	Poly- mere Aramid	Füllstoff	An- teil Füll stoff in Gew%	α (Poly- mere) $\cdot 10^{-5}$ 1/K	α (gefül ltes Poly- mere) $\cdot 10^{-5}$ 1/K	E- Modul (gefül ltes Poly- mere) N/mm ²	E- Modul nur vom Poly- mere
1,2	PA6	Glasfaser	50	10	1..1,5	10000	3000
2	PC/PBT	Glasfaser	30	9	3	7100	2000
2	POM	Glasfaser	40	11	1	14000	3000
2	POM	Glaskugeln	10	11	1,1	3100	3000
2	PAI	Kohlefaser	30	3	0,9	22300	4900
3	LCP	Glasfaser	30	-0,3	-0,1	16000	10400

Patentansprüche

1. Lichtwellenleiterkabel (CA) mit mindestens einem zugfesten Element (CE) sowie einem Kabelmantel (AS) und mit mindestens
5 einem mindestens einen Lichtwellenleiter enthaltenden optischen Übertragungselement (LB1 - LBn), das beweglich in einer Kammer (CB) untergebracht ist, deren Abmessungen geringfügig größer gewählt sind als die Außenabmessungen des optischen Übertragungselementes (LB1 - LBn),
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die thermische Schrumpfung (dL/L) des Kabels im Bereich von 20°C bis zum unteren Temperaturgrenzwert des Kabels (z.B. -30°C) um nicht mehr als 30% von der thermischen Schrumpfung (dL/L) des verwendeten optischen Übertragungselementes (LB1 -
15 LBn) abweicht.
2. Lichtwellenleiterkabel nach Anspruch 1
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Kammerabmessungen so gewählt sind, daß sich aus einer
20 zusätzlichen Überlänge des optischen Übertragungselementes (LB1 - LBn) bei dem untersten Temperaturgrenzwert ergebende lokale Biegeradien größer ab 70 mm sind.
3. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden
25 Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß im oberen Temperaturbereich, insbesondere oberhalb von 20°C, auf das optische Übertragungselement (LB1 - LBn) durch die Kabelkonstruktion eine temperaturbedingte Zugspannung
30 ausgeübt wird.
4. Lichtwellenleiterkabel nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Zugspannung so gewählt ist, daß sie bei dem obersten
35 für das Kabel vorgesehenen Temperaturgrenzwert (z.B. 60°C) keine unzulässige Dehnung, insbesondere keine Dehnung von

mehr als 0,1%, des optischen Übertragungselementes (LB1 - LBn) bewirkt.

5. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden

5 Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
daß das Kabel mehrere, insbesondere helixförmig verlaufende,
Kammern aufweist, und daß in diese Kammern der oder die opti-
schen Übertragungselemente (LB1 - LBn) eingelegt sind (Fig.

10 4).

6. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden

Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
15 daß mehrere einzelne rohrförmige Verseilelemente vorgesehen
sind, die in ihrem Inneren jeweils eine Kammer zur Aufnahme
optischen Übertragungselementes (LB1 - LBn) aufweisen (Fig.
5, Fig. 8).

20 7. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden

Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
daß im Zentrum ein rohrförmiges Element vorgesehen ist, das
in seinem Inneren eine Kammer zur Aufnahme des optischen
25 Übertragungselementes (LB1 - LBn) aufweist (Fig. 6, Fig. 7).

8. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden

Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
30 daß das optischen Übertragungselement (LB1 - LBn) durch
Zusammenfassung mehrerer Lichtwellenleiter (LW) zu einem
Lichtwellenleiterbändchen gebildet ist, von denen eines oder
mehrere in dem Kabel angeordnet sind.

9. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß das optischen Übertragungselement durch einen einzelnen
Lichtwellenleiter gebildet ist, wobei einer oder mehrere in
5 dem Kabel angeordnet sind.
10. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß für die Kabelkonstruktion über die Materialwahl und/oder
Wandstärkenauswahl bei niedrigen Temperaturwerten die Anpassung
der Dehnung (dL/L) an die Dehnung (dL/L) des optischen
Übertragungselementes ($LB1 - LBn$) optimiert ist.
- 15 11. Lichtwellenleiterkabel nach einem der vorhergehenden
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
für die Kabelkonstruktion Kunststoffe aus oder mit Zusätzen
von PMMA, oder LCP oder Glasanteilen verwendet sind.
- 20 12. Lichtwellenleiterkabel, insbesondere nach einem der vorhergehenden
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Lichtwellenleiter oder das optische Übertragungsele-
25 ment ($LB1 - LBn$) durch mechanisch fest mit ihm verbundene
Kunststoffzusätze derart aufgedickt ist, insbesondere durch
ein zusätzliches Coating oder einen sonstigen Materialauftrag,
daß eine, vorzugsweise geringfügige (z.B. max. 0,05%),
Anpassung in der Dehnung (dL/L) in Bezug auf die Dehnung der
30 Kabelkonstruktion bei niedrigen Temperaturen erreicht ist.
13. Lichtwellenleiterkabel insbesondere nach einem der vorhergehenden
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
35 unterhalb von 20°C, insbesondere beim unteren Temperaturgrenzwert
des Kabels (z.B. -30°C), die Abweichung zwischen dem prozentualen
Dehnungswert (dL/L) des Temperaturganges des

optischen Übertragungselementes einerseits und dem prozentualen Dehnungswert (dL/L) einer zugehörigen Kabelkonstruktion (z.B. CAG5) andererseits so gewählt wird, daß die Differenz der Dehnungswerte unter $\pm 0,03$ Prozentpunkte, bevorzugt unter $\pm 0,02$ Prozentpunkte, und insbesondere unter $\pm 0,01$ Prozentpunkte liegt.

1/5

FIG 1

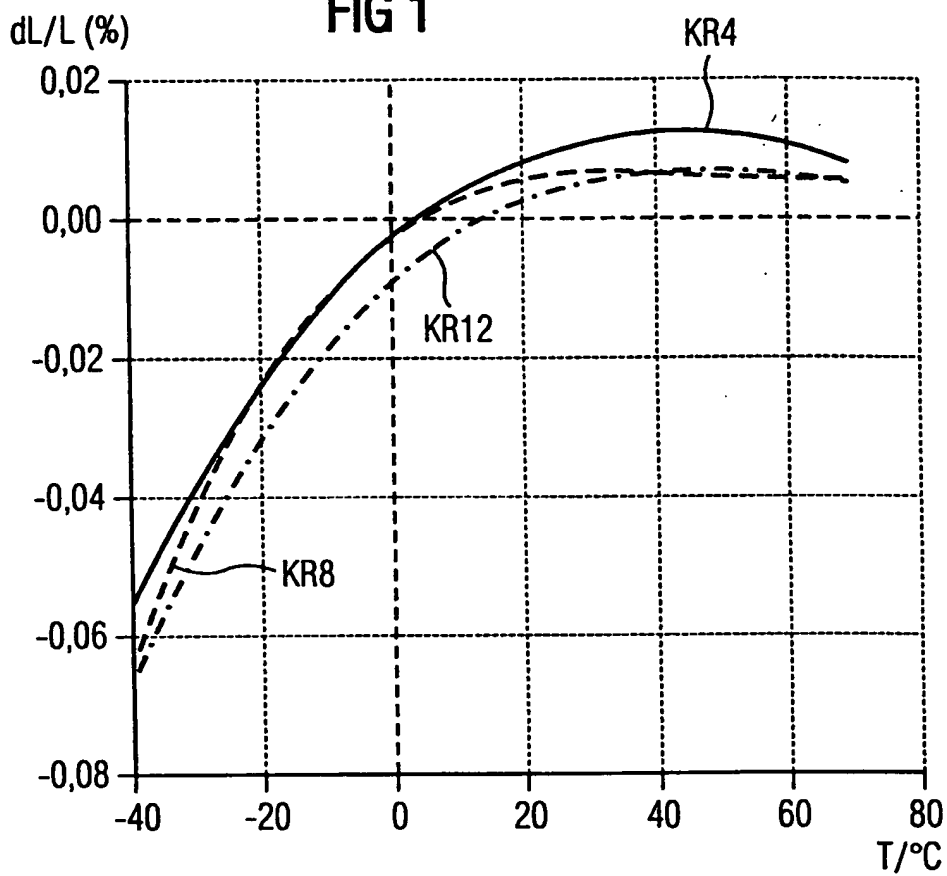
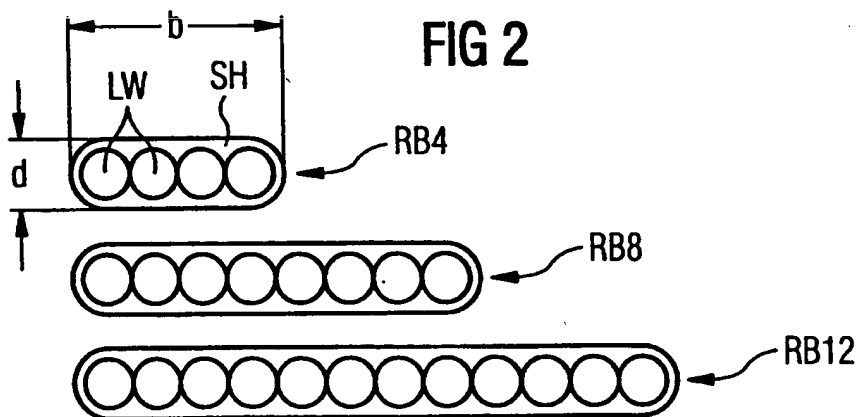
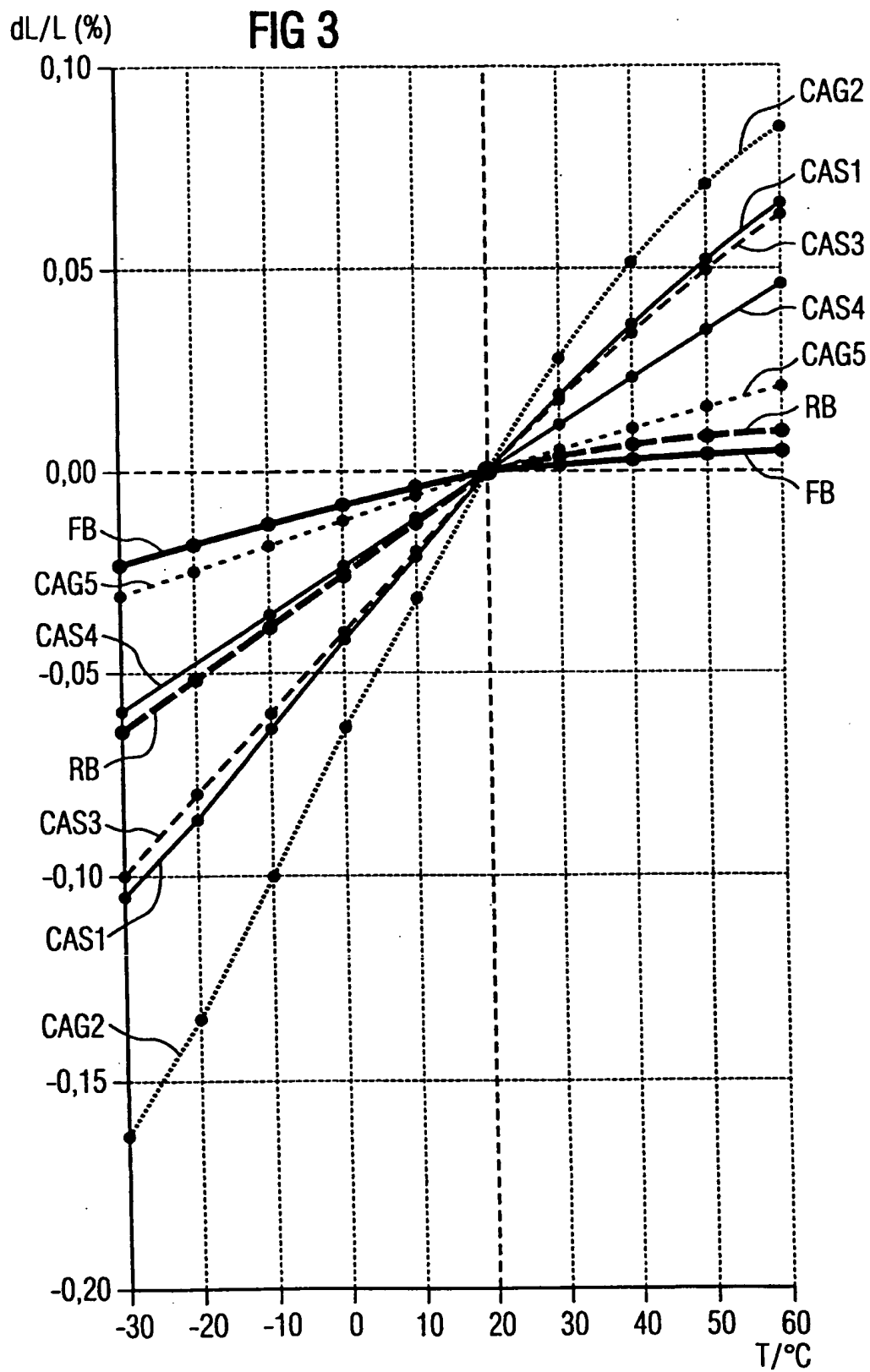


FIG 2



2/5



3/5

FIG 4

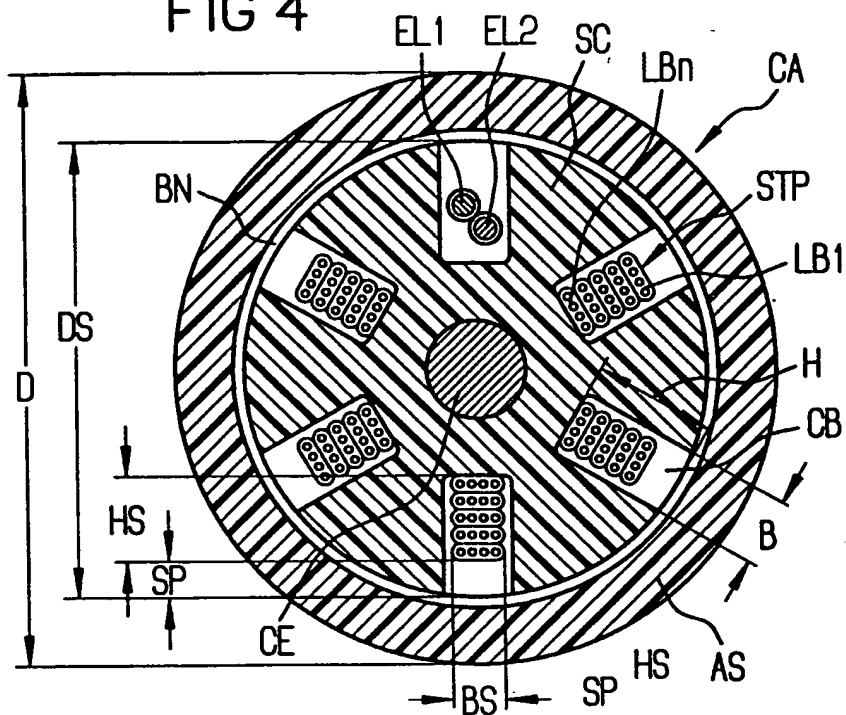
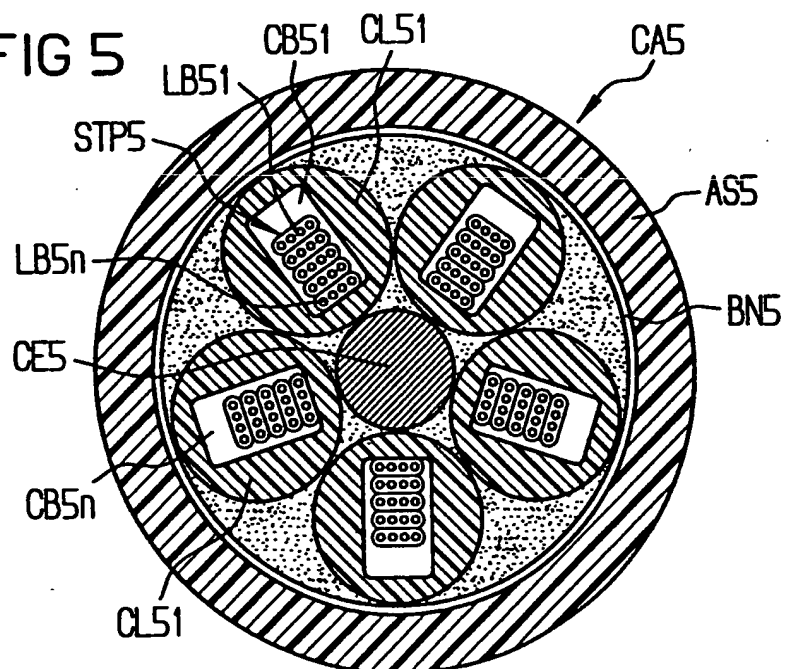


FIG 5



4/5

FIG 6

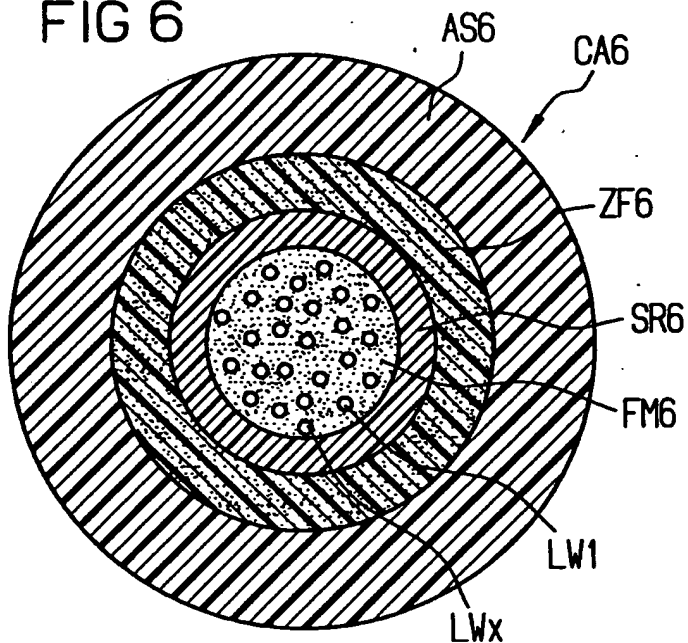
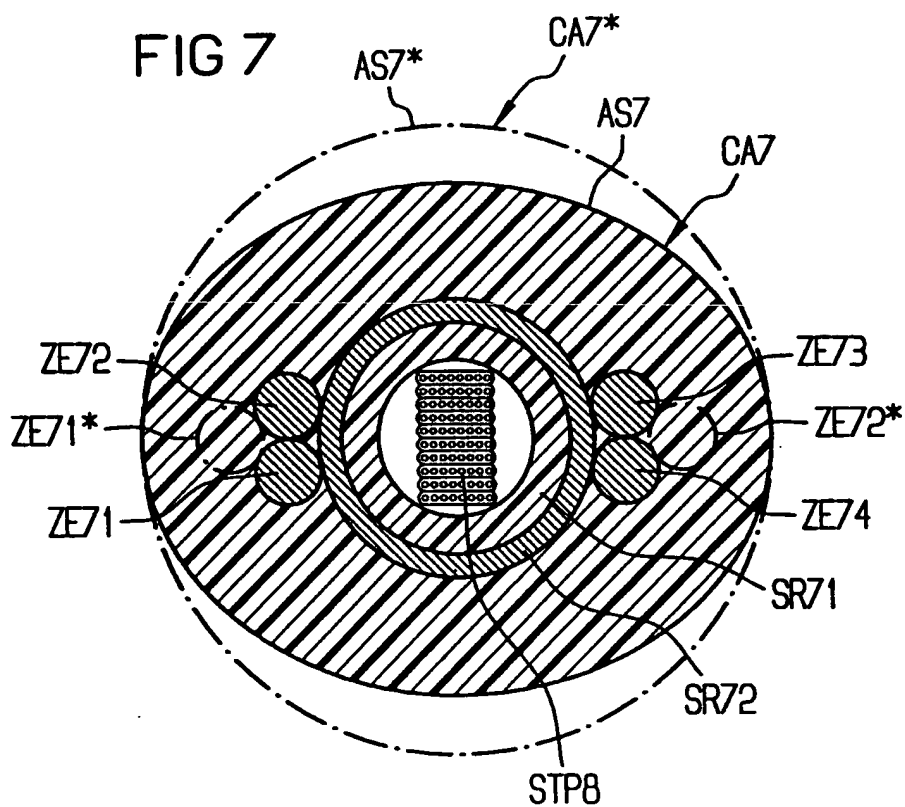
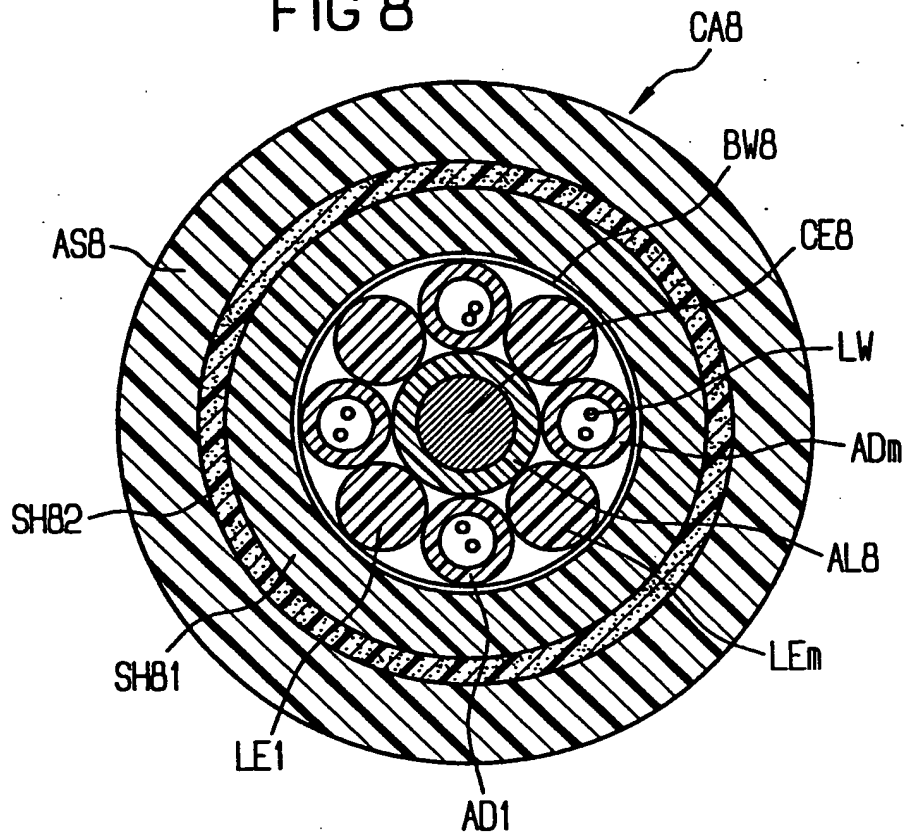


FIG 7



5/5

FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/02842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G02B6/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 098 177 A (TANAKA SHIGERU) 24 March 1992 cited in the application see abstract; claims 1-3; figures 1,2,6 see column 3, line 37 - column 4, line 18 see column 5, line 14 - line 41 see column 6, line 4 - line 17	1,12,13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 203 (P-148), 14 October 1982 & JP 57 109906 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA;OTHERS: 01), 8 July 1982 see abstract; figure --- -/-	1,12,13



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 February 1999

Date of mailing of the international search report

24/02/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hylla, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/02842

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 135 (P-457), 20 May 1986 & JP 60 257414 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 19 December 1985 see abstract; figures ---	1,12,13
A	DE 39 14 367 A (RHEYDT KABELWERK AG) 8 November 1990 see abstract; figures 3,6,7 see column 1, line 1 - line 23 see column 1, line 36 - line 49 ---	1,12,13
A	EP 0 703 480 A (ALCATEL CABLE) 27 March 1996 see column 4, line 34 - column 6, line 5 see column 7, line 2 - line 14; claim 1; figures 1,2 -----	1,12,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/02842

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5098177 A	24-03-1992	JP 1074514 A AU 601625 B	20-03-1989 13-09-1990
DE 3914367 A	08-11-1990	NONE	
EP 0703480 A	27-03-1996	FR 2725042 A US 5621842 A	29-03-1996 15-04-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02842

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G02B6/44

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 098 177 A (TANAKA SHIGERU) 24. März 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Ansprüche 1-3; Abbildungen 1,2,6 siehe Spalte 3, Zeile 37 - Spalte 4, Zeile 18 siehe Spalte 5, Zeile 14 - Zeile 41 siehe Spalte 6, Zeile 4 - Zeile 17	1,12,13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 203 (P-148), 14. Oktober 1982 & JP 57 109906 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA;OTHERS: 01), 8. Juli 1982 siehe Zusammenfassung; Abbildung	1,12,13

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Februar 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/02/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hylla, W

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 135 (P-457), 20. Mai 1986 & JP 60 257414 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 19. Dezember 1985 siehe Zusammenfassung; Abbildungen ----	1,12,13
A	DE 39 14 367 A (RHEYDT KABELWERK AG) 8. November 1990 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 3,6,7 siehe Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 23 siehe Spalte 1, Zeile 36 - Zeile 49 ----	1,12,13
A	EP 0 703 480 A (ALCATEL CABLE) 27. März 1996 siehe Spalte 4, Zeile 34 - Spalte 6, Zeile 5 siehe Spalte 7, Zeile 2 - Zeile 14; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 -----	1,12,13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02842

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5098177 A	24-03-1992	JP 1074514 A AU 601625 B	20-03-1989 13-09-1990
DE 3914367 A	08-11-1990	KEINE	
EP 0703480 A	27-03-1996	FR 2725042 A US 5621842 A	29-03-1996 15-04-1997